

1 RM 推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの検証

柳川 和優*・磨井 祥夫**

An Assessment of the Estimated One Repetition Maximal Value Weight Training Program

Kazumasa Yanagawa and Sachio Usui

Abstract

The purpose of this study was to assess the effectiveness of the estimated one repetition maximal value weight training program. Four healthy young male Judo club athletes participated as the subjects in this study for a period of fifty days. This study was based on the research done by Tanaka and Sasahara (1994) of the estimated one repetition maximal value weight training program. The training contents was based on three sets of ten repetitions of seventy percent load intensity of one repetition maximal value. The following results were obtained:

1. It was indicated that all four subjects in all of the categories showed significant increase of one repetition maximal value;
2. The increase in the mean of one repetition maximal value (deleting the categories prone to measurement error) was ten kilograms, a nearly twenty percent increase;
3. A significant difference in increase in the one repetition maximal value was not indicated between individuals;
4. A significant difference in increase in the one repetition maximal value was indicated between categories.

The results conclude that there was a possibility of a mean increase of ten kilograms or approximately twenty percent increase in muscle strength (although this muscle strength increase differed by muscle area) by a training period of fifty days, three times a day. Therefore, this weight training program is effective.

1. はじめに

経験的に、筋を肥大させるレジスタンストレーニングにおいて、次のような処方を用いることが多い。1回のみ挙上可能な最大筋力(One Repetition Maximum: 1 RM)の70~80%の負荷で数セットを週に2~3回の頻度で行う。多くのトレーニング実験においてもこのような経験的処方が用いられ、効果が示されている

(Cureton et al. 1988, Staron et al. 1989, Timson 1990)。この場合に用いられる1 RMを決定する方法としては、実際に1 RMの挙上を試行して、その可否を調べる方法(1 RMテスト、直接法)と、最大下の負荷による反復回数を測定して1 RMを推定する方法(間接法または推定法)がある(有賀 2002)。

1 RMの推定法は、最大下の負荷により得られた反復回数から、1 RMに対する割合と反復回数の換算表(松尾 1972, Bachle and Roger 2000)を用いて行う場合が多い。また、最大挙

* 広島経済大学経済学部教授

** 広島大学総合科学部准教授

上反復回数が4～7回(5 RM 相当)および8～15回(10 RM 相当)の重量を測定することにより、1 RM を推定する方法もある(沢井1997)。しかしながら、これらの推定法は時間や労力がかかり、煩雑である。そこで、田中と笹原(1994)や笹原たち(1994)は、1 RM 推定によるウエイト・トレーニング・プログラムを開発した。このプログラムは、松尾(1972)の示した負荷重量と最高反復回数の関係を多項式回帰して1 RM を推定し、これに基づいてトレーニング種目毎の負荷重量と反復回数を処方するものであるが、その有効性は検証済みであるとは言えない。

そこで、本研究では、1 RM 推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの有効性を検証することを目的とした。

2. 方 法

2.1 被検者

被検者は、柔道部に所属する18～21歳の健常な若年者男子学生4名であった。測定開始時の被検者の身体的特徴は、年齢：19.0 ± 1.4歳(mean ± SD, 以下同様)、体重：69.9 ± 8.9 kg、体脂肪率：14.1 ± 4.5%、除脂肪体重：59.7 ± 4.4 kgであった。なお、体脂肪率と除脂肪体重は、Brozek et al. (1963)とNagamine and Suzuki (1964)の推定式に従って算出した。

2.2 実験手順

2.2.1 1 RM の推定

田中と笹原(1994)の示した以下の式を用いて1 RM を推定した。この式は、松尾(1972)の示した負荷重量と最高反復回数の関係を用い、1 RM を推定するものである。なお、多項式の次数はAIC (Akaike's information criterion: Akaike 1973)に基づいて決定されている。

$$\text{Est. percent of 1 RM} = 102.89 - 2.9119 * \text{RT} + 0.0319 * \text{RT}^2 - 0.000035399 * \text{RT}^3$$

($r = 0.999$) ここで、RT: Repetition times

$$1 \text{ RM} = \text{重量} / ((\text{Est. percent of 1 RM}) / 100)$$

2.2.2 トレーニング期間

トレーニング動作に慣れた後、8月1日にトレーニング前の1 RM を推定した。トレーニングは、8月2日から9月20日までの50日間行った。その後、9月21日にトレーニング後の1 RM を推定した。

2.2.3 トレーニング内容

70% of 1 RM の負荷強度で10回の反復を3セット、週3回の頻度で以下の動作を行った。なお、筋の使用部位を1種目ごとに換え、巡回して行うサーキットメニュー方式で各セットを行った。トレーニングは次の8種類[14種目(3種目は左右別)]とした。

(胸)

フライ：バタフライマシンに座り、両腕を水平に開いた体勢から両肘を引く。
ベンチ・プレス：ベンチの上に仰向けになり、胸の位置でバーベルを挙上する。

(肩)

ショルダー・プレス：椅子に座り、肩の位置にある重量物を上方にプレスする。

(背)

プル・ダウン：ハイプリーを用いて首に向けて引き下ろす。

ローイング：ロープリーを用いて両手を閉じて回内位で引っ張る。

アップライト・ローイング：両手の幅を狭めてバーを握り、上方に引っ張り上げる。

(腹)

シット・アップ：45°に傾いた台の上で膝を曲げ上体を挙上する。

(大腿)

レッグ・エクステンション：椅子に座り脚を伸展する。

レッグ・カール：ベンチにうつ伏せになり脚を屈曲する。

レッグ・プレス：椅子に座り斜め45°方向に脚を伸展する。

(下腿)

カーフ・レイズ：立位で足関節を底屈する。

(上腕)

アーム・カール（左右）：ダンベルを持って肘関節を屈曲する。肘関節は大腿に固定する。

(前腕)

リスト・カール（左右）：ダンベルを持って手関節を屈曲する。

リスト・エクステンション（左右）：ダンベルを持って手関節を伸展する。

表1 トレーニング前後における変数の比較

変数	トレーニング前 (n=4)	トレーニング後 (n=4)
体重 (kg)	69.9 (61.0- 82.0)	70.0 (61.0- 83.0)
体脂肪率 (%)	14.1 (10.8- 20.8)	13.2 (10.3- 18.6)
除脂肪体重 (kg)	59.7 (54.4- 64.9)	60.5 (54.7- 67.6)
1 RM		
フライ (kg)	60.2 (49.6- 79.5)	79.0 (68.7-101.0)
ベンチ・プレス (kg)	74.6 (65.4- 85.8)	84.5 (72.0- 95.2)
ショルダー・プレス (kg)	87.0 (75.7-104.0)	102.1 (93.1-119.3)
プル・ダウン (kg)	66.1 (55.5- 80.3)	76.6 (64.2- 85.2)
ローイング (kg)	70.7 (53.5- 82.7)	80.6 (66.2- 91.0)
アップライト・ローイング (kg)	40.1 (33.7- 46.2)	52.1 (44.9- 59.5)
シット・アップ (kg)	11.2 (5.9- 13.0)	12.6 (5.3- 16.1)
レッグ・エクステンション (kg)	104.6 (58.9-163.8)	134.3 (70.2-220.6)
レッグ・カール (kg)	76.3 (64.2- 91.0)	94.0 (77.2-107.1)
レッグ・プレス (kg)	147.6 (122.5-169.0)	178.2 (137.7-208.0)
カーフ・レイズ (kg)	279.4 (193.1-363.8)	298.0 (208.0-415.8)
アーム・カール右 (kg)	23.0 (20.8- 25.2)	26.7 (19.1- 39.2)
アーム・カール左 (kg)	21.5 (17.2- 26.0)	26.1 (19.0- 40.4)
リスト・カール右 (kg)	24.1 (22.4- 26.2)	30.9 (23.1- 37.0)
リスト・カール左 (kg)	20.2 (18.2- 22.1)	28.0 (21.8- 33.8)
リスト・エクステンション右 (kg)	11.0 (8.9- 12.6)	12.7 (11.6- 15.1)
リスト・エクステンション左 (kg)	10.7 (9.5- 11.9)	12.0 (11.2- 12.6)
1 RM トータル (kg)	66.4 (5.9-363.8)	78.1 (5.3-415.8)

mean (min-max)

2.2.4 測定項目

測定項目は、体重、体脂肪率、除脂肪体重、全トレーニング種目の1RMとした。

2.3 統計処理

被検者ごとのトレーニング前後の比較には、対応のあるウイルコクソン検定を行った。1RMの増加の大きさの比較には、2元配置分散分析を行った。有意水準の判定は危険率5%未満とし、統計解析はSPSS 12.0J for Windows (SPSS社製)を用いて行った。

3. 結 果

トレーニング前後における、体重、体脂肪率、除脂肪体重には有意差は認められなかった。ト

レーニング前に比べてトレーニング後では、すべての種目における1RMが増加した(表1)。

被検者ごとに1RMの増加が見られたかを検討したところ、4名全員に有意な増加が認められた($p=0.0003\sim 0.0049$, 表2)。また、1RMの増加が個人間で異なるのか、あるいは種目間で異なるのかを検討した結果、個人間、種目間共に有意な差は認められなかった(個人間 $p=0.24$, 種目間 $p=0.94$)。しかしながら、極端に標準偏差の大きい種目(レッグプレスとカーフレイズ)を除くと、種目間に有意差が認められた($p=6\times 10^{-6}$)。全種目トータルでの1RM増加の平均値は11.7kgであったが、測定誤差が出やすいこの2種目を除くと10kgであった。

表3は、極端に標準偏差の大きい種目を除き、

表2 トレーニング前後における1RMの差

種目/被検者	A	B	C	D	mean (\pm SD)
フライ (kg)	19.0	21.5	22.3	12.6	18.9 (\pm 4.4)
ベンチ・プレス (kg)	2.7	9.4	17.2	10.3	9.9 (\pm 5.9)
ショルダー・プレス (kg)	15.9	15.3	5.7	23.7	15.2 (\pm 7.4)
プル・ダウン (kg)	8.7	4.9	9.3	19.0	10.5 (\pm 6.0)
ローイング (kg)	12.6	8.3	12.7	5.8	9.9 (\pm 3.4)
アップライト・ローイング (kg)	9.2	12.9	13.3	12.6	12.0 (\pm 1.9)
シット・アップ (kg)	1.7	1.3	3.1	-0.7	1.4 (\pm 1.5)
レッグ・エクステンション (kg)	11.3	56.8	24.2	26.5	29.7 (\pm 19.2)
レッグ・カール (kg)	13.0	16.1	12.8	29.0	17.7 (\pm 7.7)
レッグ・プレス (kg)	15.1	10.5	18.5	78.0	30.5 (\pm 31.8)
カーフ・レイズ (kg)	14.9	-84.0	-8.7	152.2	18.6 (\pm 98.5)
アーム・カール右 (kg)	1.3	14.0	0.9	-1.7	3.6 (\pm 7.0)
アーム・カール左 (kg)	1.9	14.4	2.1	0.0	4.6 (\pm 6.6)
リスト・カール右 (kg)	0.4	10.8	7.0	8.6	6.7 (\pm 4.5)
リスト・カール左 (kg)	3.6	11.8	7.6	8.2	7.8 (\pm 3.3)
リスト・エクステンション右 (kg)	0.3	2.5	1.0	2.6	1.6 (\pm 1.1)
リスト・エクステンション左 (kg)	1.8	0.4	0.7	2.4	1.3 (\pm 0.9)
平均 (kg)	7.8*	7.5*	8.8*	22.9*	11.7 (\pm 24.3)

1RMの差=トレーニング後の値-トレーニング前の値

* $p<0.01$

表3 トレーニング前後における1RMの伸び率

種 目/被検者	A	B	C	D	平均
リスト・カール左 (%)	19.8	53.3	37.5	40.8	37.8
フライ (%)	38.4	27.0	42.4	21.4	32.3
アップライト・ローイング (%)	25.8	28.7	28.7	37.3	30.1
リスト・カール右 (%)	1.7	41.2	31.3	33.9	27.0
レッグ・エクステンション (%)	19.2	34.7	25.8	25.9	26.4
レッグ・カール (%)	20.2	17.6	17.1	38.7	23.4
アーム・カール左 (%)	11.0	55.5	9.2	0.0	18.9
ショルダー・プレス (%)	20.7	14.7	6.2	31.3	18.2
ブル・ダウン (%)	15.7	6.1	14.9	28.8	16.3
リスト・エクステンション右 (%)	3.0	19.6	9.2	29.5	15.3
ローイング (%)	23.6	10.0	17.7	7.8	14.8
アーム・カール右 (%)	6.1	55.4	3.7	-8.4	14.2
リスト・エクステンション左 (%)	18.5	3.0	6.1	25.7	13.3
ベンチ・プレス (%)	3.9	11.0	22.0	15.8	13.2
シット・アップ (%)	13.1	9.8	23.6	-11.0	8.9
レッグ・プレス (%)	12.3	6.2	10.9	60.0	22.4
カーフ・レイズ (%)	7.7	-23.1	-2.9	57.7	9.9
平均 (%)	15.3	21.8	17.9	25.6	20.1

$$1 \text{ RM の伸び率} = (\text{トレーニング後の値} - \text{トレーニング前の値}) / \text{トレーニング前の値} \times 100$$

トレーニング前後における1RMの伸び率の大きい種目順に並べたものである。1RMの伸び率の平均値は20.1%であったが、測定誤差が出やすい種目を除くと19.8%であった。トレーニング前後における1RMの伸び率には、明確な規則性は確認されなかった。

4. 考 察

本研究では、トレーニング前後において除脂肪体重に差は認められなかった。したがって、筋肥大はおこっていないものと考えられる。一方、トレーニング前に比べてトレーニング後では、すべての種目における1RMが増加した(表1)。このことは、以下の理由によるものと考えられる。

最大随意筋力の増加は、筋の最大随意興奮レベルの増加と筋の生理学的横断面積の増加の両者に依存している(Kraemer et al. 1991, Phillips et al. 1997)。また、トレーニング初期には、おもに神経系の適応による筋力増加が起こり、筋

肥大はその後ゆっくりと起こる(Moritani and deVries 1979)。すなわち、筋力トレーニング開始初期では、活動に参加する運動単位の増加、インパルスの発火頻度の増加などの神経的要因により筋出力は増加し、トレーニング後期では筋線維の肥大と増殖などの形態学的変化により筋出力は増加するものと考えられる(Weiss and Clark 1987, Kraemer et al. 1996)。つまり、本研究のトレーニング期間は50日であり、トレーニング初期と考えられ、今後トレーニングを継続していけば、筋肥大がおこるものと推察される。

1RMの増加が個人間で異なるのかを検討した結果、個人間に有意な差は認められなかった。個人間に有意差が認められないということは、一般的にこの程度のトレーニングをすれば、1RMが増加するということである。測定誤差が出やすい種目(レッグプレスとカーフレイズ)を除くと、週3回、50日間のウエイト・トレーニングで、平均10kg、約20%の筋力増加が期待されることが示された(表2、表3)。

1 RM の増加が種目間で異なるのかを検討した結果、種目間に有意な差は認められなかった。しかしながら、極端に標準偏差の大きい種目（レッグプレスとカーフレイズ）を除くと有意差が認められた。極端に標準偏差が大きいと言うことは、測定誤差が大きいためにデータにバラツキが生じているものと考えられる。したがって、バラツキの大きい種目を除くと種目間に有意差が見られることから、1 RM の増加は種目間で異なると考えられる。つまり、トレーニング部位により筋力の増加率は異なるということである。トレーニングによる筋肥大に部位差が存在することは、これまでもいくつかの報告があり（Abe et al. 2000, Cureton et al. 1988）、先行研究を支持する結果であった。

本研究のトレーニング内容は、70% of 1 RM の負荷強度で10回の反復を3セット、週3回の頻度を50日間行うというものであった。では、このトレーニングを継続して行けば、どの程度まで1 RM は増加するのであろうか。このことに関して金久（1997）は、本格的なパワーリフティングのトレーニングを開始してから、1RM もしくは体重当たりの1 RM は、約20ヶ月まで著しく増大する。しかし、トレーニング20ヶ月後はほぼ一定か僅かに増加するに過ぎないことを報告した。

一般的に、ウエイト・トレーニングにおいては、負荷強度、反復回数、セット数、トレーニング頻度等によりその効果は異なるが、70% of 1 RM の負荷強度で10回の反復を3セット、週3回の頻度を50日間行うことによるトレーニング効果は確認された。さらに、本ウエイト・トレーニング・プログラムは、選手の体力やトレーニング水準に応じて、負荷強度、反復回数等を簡単に調節することが可能である。

以上のことにより、簡易に1 RM が推定できる本ウエイト・トレーニング・プログラムは有効であると結論できる。

5. 要 約

本研究では、1 RM 推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの有効性を検証することを目的とした。柔道部に所属する健常な若年者男子4名を対象とし、田中と笹原（1994）の示した1 RM 推定を用いて処方されたウエイト・トレーニングを50日間行った。トレーニング内容は、70% of 1 RM の負荷強度で10回の反復を3セット、週3回の頻度であった。その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 被検者4名全員に、すべての種目を合わせて考えると1 RM の有意な増加が認められた。
- 2) 1 RM 増加の平均値は、測定誤差が出やすい種目を除くと10 kg、約20%であった。
- 3) 1 RM の増加は、個人間に有意差は認められなかった。
- 4) 1 RM の増加は、種目間に有意差が認められた。

以上のことにより、週3回、50日間のウエイト・トレーニングで、部位により筋力の増加率は異なるが、平均10 kg、約20%の筋力増加が期待されることが示された。したがって、本ウエイト・トレーニング・プログラムは有効である。

謝 辞

本研究は、藤岡 洋さんの協力によるところが大きい。ここに記して、感謝の意を表したい。

文 献

- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L. and Garzarella, L. (2000) Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 81: 174-180.
- Akaike, H. (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, p.

- 267-281. In B.N. Petrov and F. Czaki (eds.), 2nd international symposium on information theory. Akademiai Kiado, Budapest.
- 有賀誠司 (2002) 筋力トレーニングのスポーツ選手への応用. バイオメカニクス研究. 6(3) : 227-239.
- Bachle, T. R., Roger, W. E. (ed.) (2000) Essentials of Strength Training and Conditioning Second Edition. Human Kinetics: 410-411.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and Keys, A. (1963) Densitometric analysis of body composition. Annals New York Academy of Sciences, 110: 113-140.
- Cureton, K. J., Collins, M. A., Hill, D. W. and McElhannon, F. M., Jr. (1988) Muscle hypertrophy in men and women, Med. Sci. Sports Exerc., 20: 338-344.
- 金久博昭 (1997) 筋力のトレーナビリティ. バイオメカニクス研究. 1(2) : 148-163.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., Evans, W. J. (1996) Strength and power training: physiological mechanism of adaptation. Exerc. Sports Sci. Rev., 24: 363-397.
- Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., et al. (1991) Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. Int. J. Sports Med., 12: 228-235.
- 松尾昌文 (1972) 体力トレーニングの方法 (5). 学校体育. 25(9) : 142-147.
- Moritani, T. and deVries, H. A. (1979) Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. Am. J. Phys. Med., 58: 115-130.
- Nagamine, S. and Suzuki, S. (1964) Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. Human Biology, 36: 8-15.
- Phillips, S. M., Tipton, K. D. Aarsland, A. et al. (1997) Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. Am. J. Physiol. 273: E99-107.
- 笹原英夫, 宮広重夫, 菊地邦雄, 小村 堯, 磨井祥夫, 渡部和彦 (1994) 1 RM 推定によるウエイト・トレーニング・プログラムの開発. 広島スポーツ医学研究. vol. 4: 17-23.
- 沢井史穂 (1997) マシンを使った筋力トレーニングでの安全かつ簡便な負荷設定法. 体力科学. vol. 46: 752.
- Staron, R. S., et al. (1989) Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. Eur. J. Appl. Physiol., 60: 71-79.
- 田中啓之, 笹原英夫 (1994) 体育館トレーニングルームにおける運動処方システムの開発. 広島経済大学研究論集. 16(4) : 29-38.
- Timson, B. F. (1990) Evaluation of animal models for the study of exercise-induced muscle enlargement. J. Appl. Physiol., 69: 1935-1945.
- Weiss, L. W. and Clark, F. C. (1987) Ultrasonic measurement of upper-arm skeletal muscle thickness. J. Sports Med. 27: 128-133.